

COMPOSITE MATERIAL AND DAMAGE CONTROL METHOD THEREOF

Patent number: JP2000334888
Publication date: 2000-12-05
Inventor: OGISU TOSHIMITSU; NOMURA MASATO
Applicant: FUJI HEAVY IND LTD
Classification:
- **international:** B32B15/08
- **europaean:**
Application number: JP19990149721 19990528
Priority number(s):

Also published as:

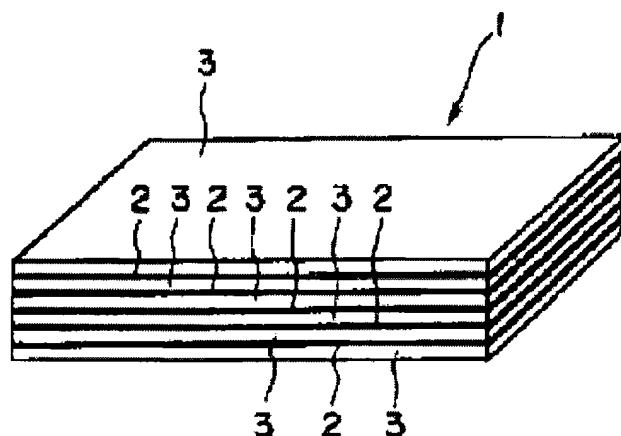


JP2000334888 (A)

Abstract of JP2000334888

PROBLEM TO BE SOLVED: To repair the damaged region of a composite material by utilizing the shape recovering function of a shape memory alloy foil as damage suppressing function.

SOLUTION: A composite material 1 wherein shape memory alloy foils 2 to which strain different at room temp. is imparted are arranged between fiber reinforced resin layers 3 is provided and a current is applied to each shape memory alloy foil 2 of the composite material 1 to monitor the resistance change of the shape memory alloy foil 2 and the damage region of the composite material 1 is detected by the resistance change of the monitored shape memory alloy foil 2 and a current is applied to the shape memory alloy foil 2 corresponding to the detected damaged region of the composite material 1 and compression force or shearing stress is generated in the damaged region of the composite material by the shape memory alloy foil 2 changed in shape by heating due to the application of a current and the damage of the damaged region of the composite material is controlled.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-334888

(P2000-334888A)

(43)公開日 平成12年12月5日(2000.12.5)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

B 3 2 B 15/08

1 0 5

B 3 2 B 15/08

1 0 5 Z 2 G 0 6 0

// G 0 1 N 27/20

G 0 1 N 27/20

A 4 F 1 0 0

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号

特願平11-149721

(22)出願日

平成11年5月28日(1999.5.28)

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者 荻 巢 敏 充

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
重工業株式会社内

(72)発明者 野 村 正 人

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士
重工業株式会社内

(74)代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

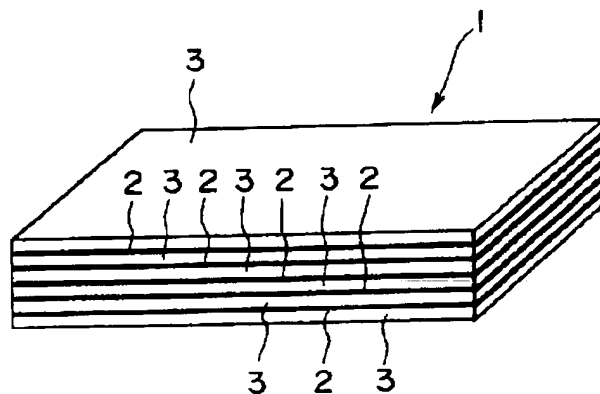
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複合材および複合材の損傷制御方法

(57)【要約】

【課題】 形状記憶合金箔の形状回復機能を損傷抑制機能として利用することで複合材の損傷部位を修復する。

【解決手段】 常温で異なる歪みを与えた形状記憶合金箔2を繊維強化樹脂層3の間に配置した複合材1を設け、この複合材1の各形状記憶合金箔2に通電して形状記憶合金箔2の抵抗変化をモニターし、複合材1の損傷部位をモニターした形状記憶合金箔2の抵抗変化により検知し、検知した複合材1の損傷部位に対応する形状記憶合金箔2に通電し、複合材の損傷部位に通電による加熱で形状が変化する形状記憶合金箔2により圧縮力またはせん断応力を発生させ、複合材1の損傷部位の損傷を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 常温で歪みが与えられた形状記憶合金箔を繊維強化樹脂層の間に配置したことを特徴とする複合材。

【請求項 2】 形状記憶合金箔と繊維強化樹脂層とが交互に積層され、各形状記憶合金箔は常温で異なる歪みが与えられていることを特徴とする複合材。

【請求項 3】 常温で与えられる歪みの大きさにより分別される 2 種類の形状記憶合金箔と繊維強化樹脂層とが交互に積層されかつ 2 種類の形状記憶合金箔が交互に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の複合材。

【請求項 4】 常温で異なる歪みを与えた形状記憶合金箔を繊維強化樹脂層の間に配置した複合材を設け、この複合材の各形状記憶合金箔に微弱電流を流して形状記憶合金箔の抵抗変化をモニターし、複合材の損傷部位をモニターした形状記憶合金箔の抵抗変化により検知し、検知した複合材の損傷部位に対応する形状記憶合金箔に通電し、複合材の損傷部位を加熱で形状が変化する形状記憶合金箔により圧縮力またはせん断応力を発生させ、複合材の損傷部位の損傷を制御することを特徴とする複合材の損傷制御方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、次世代航空機構造、衛星及び宇宙ステーション等の宇宙機器、超高層建築、公共インフラストラクチャー及び高速車両に適用される複合材および複合材の損傷制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 構造材料に適用されている複合材は、衝撃荷重に対して材料内部が損傷を受け易いという性質を有するため、設計許容値を複合材本来の持つ強度の 1/4 程度としている。この設計許容値を引き上げるために、複合材の内部に損傷抑制効果のある材料を埋め込み、複合材に衝撃荷重が負荷された時にもその際の荷重及び損傷を検知することにより安全性を高めるようにした複合材は知られている。

【0003】 特開平 6-212018 号公報には、逆変態終了温度以下の少なくとも 1 種類以上の形状記憶合金材料を母材表面または母材内に配列した構造の高分子基複合機能性材料が記載されている。

【0004】 特開平 7-48637 号公報には、熱弾性変態を起こす少なくとも 1 種類以上の形状記憶合金材料素子を母材内に混入もしくは配列させた構造の金属基複合材料が記載されている。

【0005】 特開平 8-15208 号公報には、積層構造を有する複合材料に NiTi 形状記憶合金の細線を埋め込んだ後、細線に電流を流し、マトリックス材料に亀裂や損傷が生じた際の細線の電流抵抗変化を検出する複合材料損傷検知システムが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記複合材においては、複合材に埋め込んだ損傷抑制効果のある材料が複合材の異物となる可能性があり、これが複合材の擬似欠陥となって複合材の強度低下を起こすおそれがある。

【0007】 上記複合材料損傷検知システムでは、損傷検知と損傷抑制を別々の材料で行うことが前提であり、材料として形状記憶合金細線を用い、複合材料に挿入した形状記憶合金細線に均一に収縮応力を発生させてトランスバースクラックを抑制しようとするものであるが、これでは複合材料の設計許容値を減少させた衝撃負荷時に発生しやすいデラミネーションには対応できない。

【0008】 本発明は上記した点を考慮してなされたもので、形状記憶合金箔の形状回復機能を損傷抑制機能として利用する複合材および複合材の損傷部位を形状記憶合金箔の加熱による形状変化に伴う圧縮力を複合材の損傷部位に加えることで損傷部位を修復する複合材の損傷制御方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明の複合材は、常温で歪みを与えた形状記憶合金箔を繊維強化樹脂層の間に配置し、形状記憶合金箔の形状回復機能を損傷抑制機能として利用することで損傷部位を修復することができる。

【0010】 本発明の複合材の損傷制御方法は、常温で異なる歪みを与えた形状記憶合金箔を繊維強化樹脂層の間に配置した複合材を設け、この複合材の各形状記憶合金箔に微弱電流を流して形状記憶合金箔の抵抗変化をモニターし、複合材の損傷部位をモニターした形状記憶合金箔の抵抗変化により検知し、検知した複合材の損傷部位に対応する形状記憶合金箔に通電し、複合材の損傷部位に通電による加熱で形状が変化する形状記憶合金箔により圧縮し、複合材の損傷部位の損傷を制御することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】 以下本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図 1 は本発明による複合材パネルを示し、この複合材パネル 1 は、形状記憶合金箔 2 を繊維強化樹脂層 3、3 の間に配置して構成されている。形状記憶合金箔 2 は、NiTi 合金を素材とした厚さ約 0.04 mm の NiTi 形状記憶合金であり、常温で歪みが与えられた状態、すなわち変態点以下の温度で歪みが保持された状態で繊維強化樹脂層 3、3 の間に配置される。各繊維強化樹脂層 3 は、炭素繊維強化樹脂 3a (図 5) を複数枚積層して形成される。

【0012】 形状記憶合金は、一般に、外的な熱によって可逆的に元の結晶構造状態に戻るといった特性を有するものであり、図 2 に示す材料特性から明らかなように、低温マルテンサイト相が高温での安定オーステナイト相よりも 1/2 ~ 1/3 程度柔らかく変形が容易であり、低温から高温になるにつれて剛性率が 2 ~ 3 倍程度上昇

し、予ひずみを付与してその変形を拘束した場合には、逆に2〜3倍程度の大きい回復力が得られるという特性を備えている。

【0013】本発明の複合材パネル1は、形状記憶合金箔2を変態点以下の温度で変形を拘束した状態で繊維強化樹脂層3の間に配置し、形状記憶合金箔2を変態点以上の温度に加熱し形状記憶合金箔2を形状変化させることで、複合材料の各層にせん断応力を発生させてデラミネーションを抑制させる応力を発生させる。

【0014】図1に示す複合材パネル1は、6枚の繊維強化樹脂層3と2種類の常温で歪みの大きさが異なる形状記憶合金箔2とから形成され、6枚の繊維強化樹脂層3のうちの端側に位置する繊維強化樹脂層3を2枚の炭素繊維強化樹脂3aを積層したもので形成し、中間に位置する繊維強化樹脂層3を3枚の炭素繊維強化樹脂3aを積層したもので形成し、常温で歪みの大きさが異なる2種類の形状記憶合金箔2を繊維強化樹脂層3の間に交互に配置している。形状記憶合金箔2は3種類以上の常温で歪みの大きさが異なるものとし、それぞれを繊維強化樹脂層3の間に配置することもできる。なお、上記形状記憶合金箔2は、テープ状をなす細長い片を互いに接触しないように並列配置することが望ましい。

【0015】つぎに、複合材パネル1の製造手順を説明する。

【0016】まず、各形状記憶金属箔2の両端部を図3に示すようにクリップ手段4により挟持し、クリップ手段4、4を常温で矢印A方向に引っ張り、形状記憶合金箔2に変態点以下の温度で歪みを負荷する。

【0017】ついで、歪みを負荷した形状記憶合金箔2を表面処理して表面を粗面化する。この表面処理は、図4に示すように、形状記憶合金箔2を処理層5に入れられた硝酸またはフッ酸のような酸処理液6に浸漬して粗面7を形成する酸洗処理法で行われる。この表面処理は、電子ビーム等のエネルギー照射により粗面を形成するスパッタリング法またはゾルゲル法により行うこともできる。形状記憶合金箔2は変態温度が60〜70℃であるから、表面処理を行う際に、形状記憶合金箔2がこの変態温度以上にならないよう注意することが必要である。

【0018】つぎに、炭素繊維強化プリプレグを所定寸法にプリカットし、プリカットしたプリプレグ3aと形状記憶合金箔2を、図5に示すように積層する。この場合、歪みを負荷した形状記憶合金箔2は、図示しない歪み保持手段により歪みが負荷された状態が維持されるように積層される。この場合、形状記憶合金箔2とプリプレグ3aとの界面での高い接着強度が形状記憶合金箔2に化学処理または物理的に表面を粗くすることで得られる。

【0019】プリプレグ3aの積層構成は適用される構造の強度により異なるため任意であるが、図5に示すプ

リプレグの積層構成は、形状記憶合金箔2を中心に3PLYのプリプレグ3a毎に形状記憶合金箔2を配置し、両端側に2PLYのプリプレグ3aを配置した合計16PLYであり、形状記憶合金箔2は合計5PLYである。

【0020】具体的には、プリプレグと形状記憶合金箔の積層体は、その構造に掛かる亀裂進展許容応力が5kgf/mm²であったとすると、形状記憶合金箔をその応力を抑えることの可能なせん断応力が発生可能なものとする。この場合、形状記憶合金箔への配線が可能な銅箔等も合わせて積層成形する。

【0021】つぎに、プリプレグと形状記憶合金箔の積層体は、図6に示すように、温度が180℃、真空圧が700mmHg、加圧力が3.2kgf/mm²の条件下において90分間硬化され、図1に示す複合材パネル1が成形される。

【0022】つぎに、複合材の損傷制御方法について説明する。

【0023】形状記憶合金は金属であるためその断面積によって電気抵抗値が任意に決定する。このため、予め形状記憶合金に微弱な一定電流を流しておくこと、例えば材料内部で亀裂が発生した場合、形状記憶合金に局所的な歪みが発生し、この歪みによって形状記憶合金の電気抵抗は変化する。したがって、出力する電圧を常にモニタリングしておけば、その変化によって材料内部の損傷が検知できる。予備試験及び検討によって、損傷が起こった場合の電圧の変化を把握しておき、電圧の変化をコンピュータに記憶させておけば損傷に等しい出力があった場合、損傷の検知が可能である。

【0024】すなわち、形状記憶合金のひずみと電気抵抗の関係は図7に示す通りであり、複合材に発生するトランスバースクラック、デラミネーション等異なる種類、位置及び大きさの損傷と電気抵抗の関係とその電気抵抗の分布を把握することにより、複合材に発生する損傷の種類、位置及び大きさが判定可能である。

【0025】また、複合材料中の損傷の種類、位置及び大きさを3D画像として観察することができる。

【0026】複合材パネル1に図8に示すような層間剥離が発生すると、繊維強化樹脂層3に負荷された応力または繊維強化樹脂層3が損傷を受けた場合に受ける応力集中による応力バランスが変化し、応力バランスの変化が形状記憶合金箔2自身の歪みとして感受され、この歪みの変化が形状記憶合金箔2の形状変化による電気抵抗の変化となる。したがって、複合材に配置された複数の形状記憶合金箔のうちのどの形状記憶合金箔の電気抵抗が変化したかを検知することで、複合材パネル1の損傷部位が検出される。

【0027】複合材パネル1の損傷部位が検出されると、複合材パネル1の損傷部位に対応する形状記憶合金箔2にこの形状記憶合金箔2を加熱する程度の電流を流

し、形状記憶合金箔2の温度を変態温度以上に上昇し、加熱で形状が変化する形状記憶合金箔により複合材の損傷部位に圧縮力または圧縮応力を加え、複合材の損傷部位の損傷を抑制することにより複合材の損傷部位の損傷を制御する。

【0028】図8に示す複合材パネルは、繊維強化樹脂層3、3との間に形状記憶合金箔2が配置され、これらの形状記憶合金箔2は2種類の歪が与えられている。最上層の形状記憶合金箔2bには比較的小さな歪が与えられ、その次の形状記憶合金2cには比較的大きな歪が与えられ、さらに下の形状記憶合金箔2dには比較的小さな歪が、その下の形状記憶合金箔2eには比較的大きな歪が、最下層の形状記憶合金箔2fには比較的小さな歪が与えられている。この複合材パネルの繊維強化樹脂層3eにデラミネーションが発生した場合、この繊維強化樹脂層3eを挟んだ形状記憶合金箔2eと2dの電気抵抗値に最も大きな変化が生じるとともにその他の形状記憶合金箔の電気抵抗値も変化する。即ち、損傷の程度によるが、形状記憶合金箔2dと2eとの間の電気抵抗変化が急激になる。このとき、層間剥離の進行を防止するために、形状記憶合金箔2dと2eに通電する。形状記憶合金箔2dには比較的小さな歪を、それより大きな歪を形状記憶合金箔2eに与えてあるので、それらの歪の影響で繊維強化樹脂3eは上に凸状に湾曲しようとするので、パネルを構成するその他の層から圧迫される。この作用によって繊維強化樹脂層3eを構成する層のデラミネーションが防止される。

【0029】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の複合材は、常温で歪みを与えた形状記憶合金箔を繊維強化樹脂層の

間に配置したことで、形状記憶合金箔の形状回復機能を損傷抑制機能として利用することで損傷部位を修復することができる。

【0030】本発明の複合材の損傷制御方法は、複合材の層間に配置した常温で異なる歪みを与えた形状記憶合金箔の抵抗変化をモニターし、モニターした形状記憶合金箔の抵抗変化により複合材の損傷部位を検知し、検知した複合材の損傷部位に対応する形状記憶合金箔に通電し、複合材の損傷部位を通電による加熱で形状が変化する形状記憶合金箔により圧縮力またはせん断応力を発生させ、複合材の損傷部位の損傷を制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による複合材の斜視図。

【図2】形状記憶合金の材料特性を示す図。

【図3】形状記憶合金箔に常温で歪みを与える段階を示す図。

【図4】形状記憶合金箔の表面処理を示す図。

【図5】繊維強化樹脂プリプレグと形状記憶合金の積層構成を示す図。

【図6】図5の積層体を硬化処理する条件を示す図。

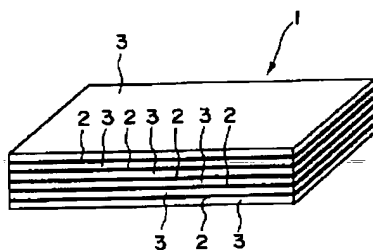
【図7】形状記憶合金箔の歪みと電気抵抗との関係を示す図。

【図8】複合材の層間剥離を検出し制御する状態を示す図。

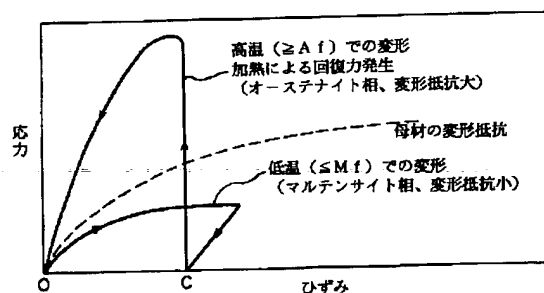
【符号の説明】

- 1 複合材パネル
- 2 形状記憶合金箔
- 3 繊維強化樹脂層
- 3a 繊維強化樹脂プリプレグ

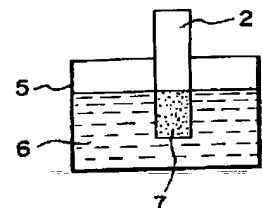
【図1】



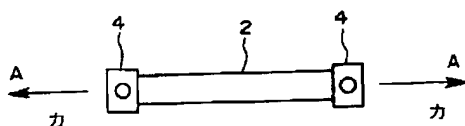
【図2】



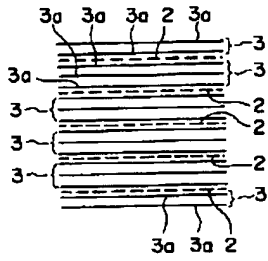
【図4】



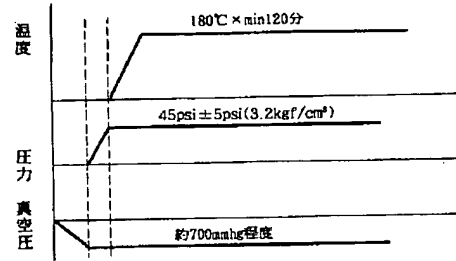
【図3】



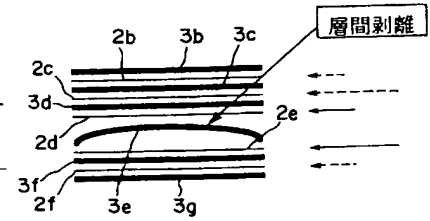
【図5】



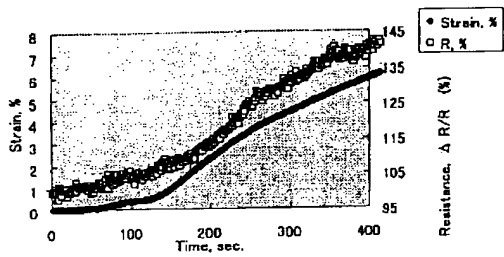
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G060 AA10 AA20 AE01 AF07 EA03
 EB03 EB07 KA13
 4F100 AB31A AB33A BA03 BA06
 BA08 BA10B BA10C BA13
 DH02B DH02C GB07 GB31
 JL15A

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.